

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«АНГАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

Н.В. Истомина

25.09. 2019 г.

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В МАГИСТРАТУРУ  
НА НАПРАВЛЕНИЕ  
18.04.01 «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»  
программа «Технология химических веществ и материалов»**

Ангарск, 2019

Программа предназначена для подготовки к вступительному испытанию для поступающих в магистратуру на направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология» на программу «Технология химических веществ и материалов» по очной форме обучения. Вступительное испытание предназначено для определения практической и теоретической подготовленности бакалавра или специалиста к выполнению профессиональных задач, установленных государственным образовательным стандартом и возможности продолжения обучения в магистратуре.

Программы вступительных испытаний формируются на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам бакалавриата направления 18.03.01 «Химическая технология».

Вступительное испытание проводится в форме междисциплинарного тестирования, включающего вопросы по базовым и специальным дисциплинам направления 18.03.01 «Химическая технология».

В основу программы положены следующие дисциплины:

- общая и неорганическая химия;
- органическая химия;
- аналитическая химия и физико-химические методы анализа;
- физическая химия;
- коллоидная химия (поверхностные явления и дисперсные явления);
- процессы и аппараты химической технологии;
- общая химическая технология.

#### **Критерии оценки знаний абитуриентов**

При прохождении междисциплинарного тестирования поступающий должен продемонстрировать целостное знание по базовым и специальным дисциплинам высшего образования, необходимым для освоения программы магистратуры: общая и неорганическая химия, органическая химия, аналитическая химия и физико-химические методы анализа, физическая химия, коллоидная химия (поверхностные явления и дисперсные явления), процессы и аппараты химической технологии, общая химическая технология.

Продолжительность вступительного испытания составляет 60 минут, продолжительность тестирования – 40 минут.

Результаты междисциплинарного тестирования по базовым и специальным дисциплинам оцениваются по 100-балльной шкале. При одинаковом количестве набранных баллов у поступающих комиссия проводит дополнительно собеседование, на котором задает дополнительные вопросы по уточнению уровня подготовки поступающего, области научных интересов поступающего, уровню мотивации при выборе направления и программы и т.д.

Поступающий в магистратуру должен продемонстрировать следующие компетенции:

- свободное владение основными понятиями в области химии и химической технологии;
- правильность и осознанность изложения содержания ответа на вопросы, полноту раскрытия понятий и закономерностей, точность употребления и трактовки общенаучных, специальных, технических и технологических терминов;

- речевая грамотность и логическая последовательность ответа.
- самостоятельность ответа.

Зачисление абитуриентов в магистратуру осуществляется по результатам конкурсного отбора.

## **Вопросы для подготовки к вступительному испытанию**

### **Общая и неорганическая химия**

1. Атомно-молекулярная теория. Атом, молекула. Относительная атомная и молекулярная массы. Моль - единица количества вещества. Молярная масса. Число Авогадро. Химический элемент, вещество. Простые и сложные вещества. Аллотропия. Закон сохранения массы вещества и постоянства состава. Символы химических элементов и химические формулы. Стехиометрия.
2. Строение атома. Атомное ядро. Изотопы. Двойственная природа электрона. Квантовые числа. Атомные орбитали. Электронные конфигурации атомов в основном и возбужденном состоянии. Принцип Паули, правило Хунда. Периодический закон Д. И. Менделеева и строение атома. Массовое число. Атомный номер. Большие и малые периоды, группы и подгруппы. Строение электронных оболочек атомов. Металлы и неметаллы. Зависимость свойств простых и сложных веществ от положения элементов в Периодической системе. Потенциал ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность.
3. Типы химических связей: ковалентная (неполярная и полярная), ионная, металлическая. Обменный и донорно-акцепторный механизмы образования ковалентной связи. Водородная связь. Индуктивный и мезомерный эффекты. Кратные и сопряженные кратные связи. Полярность связи. Гибридизация атомных орбиталей и геометрическое строение молекул. Электронные и структурные формулы. Валентность и степень окисления. Изомерия и ее виды.
4. Агрегатные состояния вещества. Газы. Законы идеальных газов. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Закон Авогадро, молярный объем. Относительная плотность газа. Средняя молярная масса газовой смеси. Воздух. Жидкости и ассоциация молекул в них. Твердые тела, зависимость их свойств от типа химической связи в кристаллах.
5. Типы химических реакций: реакции соединения, разложения, обмена, замещения. Окислительно-восстановительные реакции, определение стехиометрических коэффициентов в них. Определение направления протекания окислительно-восстановительных реакций на основе ряда стандартных электродных потенциалов.
6. Скорость химических реакций и факторы, ее определяющие. Закон действия масс и константа скорости. Энергия активации. Катализ и катализаторы. Реакции гомогенные и гетерогенные, обратимые и необратимые, экзо- и эндотермические. Тепловые эффекты химических реакций. Термохимические уравнения. Теплота (энтальпия) образования химического соединения. Закон Гесса. Химическое равновесие. Константа равновесия, степень превращения. Принцип Ле Шателье.
7. Растворы (истинные и коллоидные). Зависимость растворимости вещества от температуры, давления и природы растворителя. Способы выражения концен-

трации растворов (массовая доля, массовый процент, молярность). Растворение как физико-химический процесс. Тепловые эффекты при растворении. Гидратация и сольватация. Электролиты и неэлектролиты.

8. Теория электролитической диссоциации. Слабые и сильные электролиты. Константа диссоциации и степень диссоциации. Ионные уравнения для кислот, оснований и солей в растворе и расплаве. Кислотно-основные равновесия в водных растворах. Протолитическая теория кислот и оснований. Амфотерность и ее связь с положением элемента в Периодической системе. Амфотерные свойства воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Шкала pH. Гидролиз солей и факторы, его определяющие.
9. Электролиз водных растворов и расплавов электролитов. Окислительно-восстановительные реакции на электродах.
10. Классификация неорганических соединений и их номенклатура. Генетическая связь между основными классами соединений. Оксиды и пероксиды. Классификация оксидов. Химические свойства и способы получения оксидов и пероксидов. Кислоты, их классификация и номенклатура. Кислородсодержащие и бескислородные кислоты. Сильные и слабые кислоты. Факторы, определяющие силу кислоты. Химические свойства и способы получения кислот. Основания, их классификация и номенклатура. Химические свойства и способы получения оснований. Соли, их состав, классификация, номенклатура. Химические свойства солей и способы их получения.
11. Комплексные (координационные) соединения. Химическая связь в них и особенности строения. Диссоциация в водных растворах.
12. Водород. Изотопы водорода. Физические и химические свойства. Основные типы образуемых соединений. Взаимодействие водорода с кислородом. Способы лабораторного и промышленного получения водорода.
13. Кислород. Аллотропия кислорода. Физические и химические свойства. Важнейшие окислительно-восстановительные процессы с участием кислорода. Воздух. Способы лабораторного и промышленного получения кислорода.
14. Вода. Строение молекулы. Физические свойства воды. Роль водородных связей. Агрегатные состояния воды. "Тяжелая вода". Кристаллогидраты. Химические свойства воды. Пероксид водорода.
15. Подгруппа галогенов. Закономерности изменения их физических и химических свойств. Галогеноводородные кислоты и их соли. Хлор, его химические свойства, кислородсодержащие соединения хлора. Способы получения свободных галогенов и галогеноводородов.
16. Элементы подгруппы кислорода, их общая и сравнительная характеристика. Сероводород, сульфиды, оксиды серы, их получение и свойства. Химические свойства серной и сернистой кислот и их солей. Химические основы получения серной кислоты в промышленности. Элементы главной подгруппы V группы Периодической системы. Общая характеристика и закономерности изменения физических и химических свойств.
17. Азот. Аммиак и соли аммония. Нитриды. Оксиды азота. Химические свойства азотной и азотистой кислот. Нитраты, их свойства. Химические основы получения азотной кислоты и аммиака в промышленности. Фосфор, его аллотроп-

ные модификации и химические свойства. Фосфин, фосфиды. Оксиды фосфора. Фосфорные кислоты и их соли.

18. Элементы подгруппы углерода. Закономерности изменения физических и химических свойств. Углерод, его аллотропия. Химические свойства углерода. Карбиды. Оксиды углерода, угольная кислота и ее соли. Кремний и его важнейшие природные соединения. Химические свойства кремния. Силан, силициды. Кремниевые кислоты и их соли.
19. Металлы. Положение в Периодической системе. Изменение металлических свойств в периодах и группах. Физические и химические свойства металлов. Сплавы. Гальванический элемент. Электрохимический ряд напряжения металлов. Коррозия металлов. Способы получения металлов.
20. Щелочные металлы. Химические свойства и типы образуемых соединений. Способы получения металлических натрия и калия.
21. Общая характеристика элементов главной подгруппы II группы Периодической системы. Химические свойства элементов и типы образуемых соединений.
22. Элементы главной подгруппы III группы Периодической системы. Алюминий, его химические свойства и свойства образуемых соединений. Комплексные соединения алюминия. Алюмосиликаты. Химическая сущность процесса получения металлического алюминия в промышленности.
23. Переходные элементы. Положение в Периодической системе и особенности электронного строения атомов. Железо, его химические свойства и свойства наиболее распространенных и важных соединений. Хром, марганец, свойства их соединений с различной степенью окисления. Краткая характеристика свойств меди, цинка, серебра и их соединений.

### **Органическая химия**

1. Характеристика каждого класса органических соединений должна включать особенности их пространственного и электронного строения, номенклатуру, виды изомерии, изменение физических и химических свойств в гомологическом ряду, основные типы химических реакций, их механизм и условия протекания, способы получения.
2. Теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова. Причины многообразия органических соединений и природа химической связи в них. Типы гибридизации, s- и p-связи. Структурные формулы. Виды изомерии. Гомологические ряды. Номенклатура. Типы химических реакций органических соединений и их механизм. Функциональные группы в различных классах органических соединений. Генетическая связь между классами.
3. Предельные углеводороды (алканы и циклоалканы). Строение, номенклатура, изомерия. Химические свойства.
4. Алкены. Строение, номенклатура, изомерия. Химические свойства. Правило Марковникова. Особенности химических свойств сопряженных алкадиенов.
5. Алкины. Строение, номенклатура, изомерия. Химические свойства. Реакция Кучерова.
6. Ароматические углеводороды. Особенности электронного строения. Химиче-

ские свойства бензола и его гомологов. Типы реакций. Ориентирующее влияние заместителей.

7. Применение и получение углеводов различных классов. Нефть, газ и уголь как природные источники углеводов. Процессы их переработки.
8. Спирты (первичные, вторичные, третичные). Строение, номенклатура, физические и химические свойства предельных одноатомных спиртов. Способы получения спиртов. Промышленный синтез этанола. Особые свойства многоатомных спиртов (глицерин, этиленгликоль). Фенол и его гомологи. Строение и химические свойства. Простые эфиры.
9. Альдегиды и кетоны. Строение и номенклатура. Физические и химические свойства. Получение и применение муравьиного и уксусного альдегидов.
10. Карбоновые кислоты. Строение, номенклатура. Предельные, непредельные и ароматические кислоты. Физические и химические свойства предельных одноосновных кислот. Характеристика отдельных представителей кислот указанных классов. Способы получения.
11. Сложные эфиры. Строение, номенклатура и химические свойства. Реакции этерификации и гидролиза. Жиры и мыла.
12. Углеводы. Строение, физические и химические свойства моносахаридов. Полисахариды (крахмал и целлюлоза).
13. Амины алифатические и ароматические. Первичные, вторичные и третичные амины. Химические свойства аминов. Зависимость основных свойств аминов от их строения. Анилин, его соли. Реакция Зинина.
14. Азотсодержащие гетероциклы. Пиримидиновые и пуриновые основания. Нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), их состав, строение и биологическая роль.
15. Аминокислоты. Строение, изомерия, номенклатура. Химические свойства аминокислот и их роль в процессах жизнедеятельности. Получение аминокислот. Пептидная связь. Строение белков и их свойства.
16. Высокомолекулярные соединения (ВМС). Реакции полимеризации и поликонденсации. Мономер, полимер, степень полимеризации. Особенности строения и свойств различных типов ВМС.

#### **Аналитическая химия и физико-химические методы анализа**

1. Титриметрические методы анализа. Кислотно-основное равновесие. Кислотно-основное титрование.
2. Комплексные соединения в аналитической химии. Органические реагенты. Комплексонометрическое титрование.
3. Равновесие в окислительно-восстановительных системах. Окислительно-восстановительное титрование. Скорость реакций в аналитической химии.
4. Равновесие в системе осадок - раствор. Образование осадков. Виды загрязнений осадков. Гравиметрические методы анализа. Методы разделения и концентрирования. Осаждение и экстракция.
5. Спектроскопические методы анализа. Основные принципы и понятия. Спектры атомов и молекул. Законы поглощения и излучения. Классификация методов. Атомно-абсорбционные методы. 4. Метод молекулярной абсорбционной спектроскопии. Люминесцентные методы. Методы рентгеновской спектроскопии.

Масс-спектрометрические методы анализа.

6. Электрохимические методы анализа. Основные понятия. Классификация методов. Потенциометрические методы. Ионметрия и потенциометрическое титрование. Электрохимические методы, основанные на измерении силы тока. Кулонометрия. Вольтамперометрические методы. Классическая полярография. Современные разновидности вольтамперометрических методов.
7. Хроматографические методы анализа. Основные понятия. Классификация методов. Теоретические основы. Газовая хроматография. Жидкостная хроматография.

### **Коллоидная химия (поверхностные явления и дисперсные явления)**

1. Классификация дисперсных систем в зависимости от размеров частиц и агрегатного состояния среды и фазы. Лиофильные и лиофобные дисперсные системы. Способы получения и очистки дисперсных систем. Универсальность молекулярно-кинетических свойств дисперсных систем. Теория броуновского движения. Диффузия в дисперсных системах. Закон Фика, уравнение Стокса-Эйнштейна.
2. Седиментация в дисперсных системах. Седиментационно-диффузное равновесие Перрена-Больцмана. Седиментационный анализ суспензий и эмульсий. Светорассеяние в дисперсных системах. Закон Рэлея и условия его применения. Поглощение света дисперсными системами. Применение закона Бугера-Ламберта-Бера к мутным средам. Оптические методы исследования дисперсных систем: ультрамикроскопия, нефелометрия, турбидиметрия, электронная микроскопия. Граница раздела фаз, ее силовое поле. Свободная удельная поверхностная энергия (поверхностное натяжение) как характеристика этого поля.
3. Основы термодинамики поверхностных явлений. Влияние температуры на термодинамические функции поверхностного слоя в чистых жидкостях на границе с собственным паром. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Межфазное натяжение на границе насыщенных растворов двух жидкостей, правило Антонова. Свободная поверхностная энергия твердых тел, специфика проявления.
4. Смачивание. Краевой угол смачивания, теплота смачивания. Закон Юнга. Практическое применение смачивания. Избирательность смачивания. Гидрофильные и олиофильные поверхности.
5. Когезия и адгезия. Использование работы когезии и адгезии для характеристики смачивания твердых поверхностей. Уравнение Дюпре. Коэффициент растекания.
6. Роль капиллярных явлений в природе и промышленности. Капиллярное давление. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности раздела сосуществующих фаз, закон Томсона-Кельвина. Капиллярная конденсация, изотермическая перегонка. Методы измерения поверхностного натяжения. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворенного вещества. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Математическое описание изотермы поверхностного натяжения ПАВ – уравнение Шишковского.
7. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностная активность, правило Дюк-

ло- Траубе. Адсорбция на границе газ-жидкость. Кинетический вывод уравнения изотермы Лэнгмюра. Уравнение состояния поверхностного слоя ПАВ и разбавленных растворов. Поверхностное давление. Поверхностные пленки, их типы, двухмерное растворение. Пленочные весы Лэнгмюра, определение размеров органических молекул.

8. Виды сорбции. Адсорбция на поверхности твердого тела, причина адсорбции. Величина адсорбции, теплота адсорбции, их экспериментальное определение. Графическое представление данных по адсорбции газов. Локализованная адсорбция газов на твердой поверхности по теории Лэнгмюра. Потенциальная теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Основные положения и выводы изотермы адсорбции теории БЭТ. Адсорбции неэлектролитов из растворов. Хроматография. Избирательная адсорбция неэлектролитов. Образование двойного электрического слоя на границе твердое тело-раствор. Лиотропные ряды. Ионообменная адсорбция. Уравнение изотермы ионного обмена Никольского.
9. Электрокинетические явления. Методы изучения электрокинетических явлений и измерения электрокинетического потенциала. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского. Теория строения двойного электрического слоя Гельмгольца-Перрена. Теория строения двойного электрического слоя Гуи-Чапмена. Современные представления о теории строения двойного электрического слоя. Теория Штерна. Влияние индифферентных и неиндифферентных электролитов и специфической адсорбции на электрокинетический потенциал. Изозлектрическое состояния.
10. Строение мицеллы золя. Способы установления знака заряда коллоидной частицы. Агрегативная и седиментационная устойчивость дисперсных систем. термодинамические и кинетические факторы агрегативной устойчивости. Коагуляция дисперсных систем. Правило коагуляции электролитами. Коагуляция смесью электролитов. Понятие быстрой и медленной коагуляции электролитами. Теория быстрой коагуляции Смолуховского. Зоны устойчивости при перезарядке коллоидных частиц. Пептизация. Взаимная коагуляция зольей. Устойчивость и коагуляция зольей суспензий в технологических процессах и в природе; использование в процессах водоочистки.
11. Стабилизирующее действие двойных диффузных слоев ионов; электростатическая составляющая расклинивающего давления. Теория коагуляции гидрофобных зольей ДЛФО. Коллоидная защита. Особенности строения и свойств аэрозольей. Устойчивость и разрушение аэрозольей в природе и технике. Строение и устройство пен, методы их получения. Применение пен. Пеногашение. Типы эмульсий, методы установления типа эмульсии. Получение и разрушение эмульсий. Стабилизация эмульсий. Твердые эмульсии.

### **Физическая химия**

1. Основные понятия и величины: температура, работа, теплоемкость, виды теплоемкости. Термодинамические системы. Определения и классификация. Внутренняя энергия. Определения, составляющие, размерность. Параметры состояния. Факторы. Термодинамический процесс. Функция состояния. Теплообмен и работа, как формы передачи энергии. Сходство и различие между теп-



лотой и работой.

2. Первое начало термодинамики. Различные формулировки. Математическое выражение и его анализ. Термохимия. Калориметрические измерения. Термохимические уравнения. Тепловой эффект химической реакции. Знак теплового эффекта и экзо- и эндотермичность реакции. Связь изохорного теплового эффекта с изменением внутренней энергии. Энтальпия. Соотношение между тепловыми эффектами реакции при постоянном объеме и при постоянном давлении. Закон Гесса - основной закон термохимии. Формулировка и иллюстрация на примерах. Следствия закона Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгоффа для малого интервала температур. Теплоемкость. Теплота растворения. Теплота гидратации. Интегральная и дифференциальная теплоты растворения. Энтропия. Ее связь с термодинамической вероятностью. Уравнение Больцмана. Закон возрастания энтропии.
3. Второе начало термодинамики. Различные формулировки и математическое выражение. Третье начало термодинамики. Постулат Планка. Абсолютное значение энтропии. Расчет энтропии для химических реакций. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Математическое выражение. Связь с максимальной и максимальной полезной работой. Критерий химического сродства.
4. Химическое равновесие. Закон действующих масс для обратимых реакций. Константы равновесия ( $K_c$ ,  $K_a$ ,  $K_p$ ). Соотношение между  $K_p$  и  $K_c$ . Расчет равновесного выхода продуктов обратимой химической реакции. Уравнение изотермы химической реакции. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Давление диссоциации.
5. Фазовое равновесие. Основные понятия (фаза, компонент, число независимых компонентов, вариантность системы, фазовые переходы). Правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы (диаграммы состояния). Диаграмма состояния однокомпонентной системы и ее анализ (на примере воды). Двухкомпонентные (бинарные) смеси летучих жидкостей. Идеальные растворы. Закон Рауля. Реальные растворы. Отклонения от закона Рауля. Диаграммы кипения.
6. Простая перегонка (дистилляция) бинарных смесей, ее возможности и применение. Ректификация. Азеотропные смеси (азеотропы), их виды. Примеры. Способы разделения азеотропных смесей. Получение абсолютизированного спирта.
7. Осмос. Осмотическое давление растворов неэлектролитов. Уравнение Вант-Гоффа.
8. Электрохимия. Основные понятия. Коллигативные свойства (криоскопия, эбуллиоскопия, осмометрия) растворов электролитов. Изотонический коэффициент, его вычисление. Электролитическая диссоциация воды. Водородный показатель рН как мера активной реакции среды. Константа диссоциации слабых электролитов. Степень диссоциации. Закон разведения Оствальда. Буферные растворы. Механизм буферного действия. Связь рН буферных растворов с их составом. Буферная емкость. Электрическая проводимость растворов (удельная и эквивалентная), их зависимость от различных факторов. Подвижность ионов. Закон Кольрауша.

9. Химические источники тока (гальванические элементы), их виды. Электроды, полуэлементы, цепи. Электродвижущая сила (ЭДС), связь её с энергией Гиббса протекающей в элементе реакции.
10. Электродные потенциалы. Контактный и диффузионный потенциалы. Уравнения Нернста для расчёта электродных потенциалов и для расчёта ЭДС. Обратимые электроды 1-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Примеры. Водородный электрод, его применение в качестве стандартного. Обратимые электроды 2-го рода. Формула записи, электродная полуреакция. Хлоридсеребряный и каломельный электроды. Устройство и применение в качестве электродов сравнения. Ионоселективные электроды. Стекланный электрод (устройство и применение). Принципиальное устройство рН-метра. Потенциометрическое определение рН. Концентрационные и окислительно-восстановительные гальванические элементы.
11. Скорость химической реакции. Размерность скорости. Истинная (мгновенная) и средняя скорость. Кинетическая классификация химических реакций. Молекулярность и порядок реакции (по данному веществу и в целом). Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Закон действующих масс. Константа скорости. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Реакции 1-го порядка. Кинетическое уравнение. Время полупревращения. Метод ускоренного старения. Реакции 2-го порядка. Кинетические уравнения. Уравнение Аррениуса. Расчет энергии активации. Активированный комплекс.
12. Катализ. Виды катализа (гомогенный, гетерогенный и ферментативный). Катализаторы, ингибиторы. Механизм действия катализатора. Его влияние на энергию активации реакции. Примеры гомогенного катализа. Кислотно-основный катализ.

### **Общая химическая технология**

1. Химическая технология как научная основа химического производства. Особенности химической технологии как науки. Связь химической технологии с другими науками. Объект химической технологии. Важнейшие технологические понятия и определения.
2. Классификация химических производств. Принципы классификации. Основные, взаимосвязанные направления развития химической технологии. Динамика и масштабы производства основных продуктов химической промышленности.
3. Общая технологическая структура химического производства. Общие функции химического производства. Основные операции в химическом производстве. Основные технологические компоненты. Качественные и количественные критерии оценки эффективности химического производства.
4. Сырьевые источники химического производства. Характеристика и классификация сырья и вспомогательных материалов. Отходы производства как источник вторичных материальных ресурсов. Перспективные и альтернативные источники сырья. Подготовка сырья в химико-технологическом процессе. Вода как сырьё и вспомогательный компонент производства. Источники воды. Про-

мышленная водоподготовка.

5. Энергия в химическом производстве. Потребление энергии и энергоснабжение в химическом производстве. Общая характеристика и классификация энергетических ресурсов. Перспективные и альтернативные источники энергии. Рациональное использование энергии. Способы энерготехнологического комбинирования и использования энергетического потенциала сырья и тепла экзотермических реакций. Вторичные энергоресурсы (ВЭР), их классификация, основные направления, утилизация.
6. Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Структура и описание ХТС. Химическое производство как ХТС. Состав ХТС. Виды моделей ХТС, их назначение и применение. Элементы ХТС, их классификация. Многофункциональные элементы. Технологические связи элементов ХТС, их назначение и характеристика. Анализ ХТС. Понятие задачи и показатели результатов ХТС. Виды анализа. Материальный и тепловой баланс. Методика составления и расчеты. Формы их представления. Особенности составления балансовых уравнений в схемах с рециклом. Энергетический (энтальпийный) баланс.
7. Технологический анализ ХТС. Структура технико-экономических показателей и значение ее составляющих в химическом производстве. Синтез ХТС Понятие и задачи синтеза ХТС. Основные этапы разработки ХТС. Основные концепции при синтезе ХТС. Их содержание и пути реализации. Энерготехнологические системы, комбинированные производства, перестраиваемые ХТС, совмещенные процессы, замкнутые и безотходные производства – особенности их построения и области применения. Однородные технологические схемы. Система теплообменников. Система разделения сложной смеси. Система реакторов. Основы построения их оптимальной структуры.
8. Понятие о химико-технологическом процессе. Классификация химико-технологических процессов по условиям работы, по типу реакций, по состоянию реагирующих веществ. Физико-химические закономерности химического превращения. Основные показатели химических процессов, их взаимосвязь. Использование физико-химических закономерностей для повышения эффективности процессов.
9. Закономерности переноса тепла, вещества и импульса. Их значение в системе процессов. Гомогенные химические процессы. Гомогенные химические процессы, влияние условий проведения и химических признаков на скорость превращения и дифференциальную селективность. Пути и способы интенсификации гомогенных процессов. Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических химических процессов.
10. Гетерогенные (некаталитические) химические процессы. Определение фазового состава. Стадии гетерогенного процесса. Взаимное влияние химической реакции переноса массы. Скорость химического превращения. Лимитирующая стадия и ее определение. Области протекания гетерогенных процессов. Влияние условий протекания процесса на скорость превращения. Гетерогенный процесс «газ – твердое». Уравнения для расчета скорости и времени полного

превращения для различных областей протекания процесса. Пути интенсификации для различных режимов процессов. Гетерогенный процесс «газ – жидкость». Реакция в объеме и в пограничном слое. Определение скорости превращения. Пути интенсификации для различных режимов процесса.

11. Промышленный катализ. Значения и области применения промышленного катализа. Гомогенный катализ. Скорость превращения при гомогенном катализе. Влияние условий осуществления процесса на эффективность гомогенно-каталитического процесса. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Скорость химического превращения. Области протекания гетерогенно-каталитического процесса. Влияние условий осуществления процесса на скорость превращения и селективность. Степень использования внутренней поверхности. Пути интенсификации каталитических процессов.
12. Химические реакторы (ХР) и требования, предъявляемые к ним. Структурные элементы ХР – реакционный объем, устройства ввода и вывода потоков, теплообменные элементы, устройства смешения и распределения потоков. Классификация химических реакторов и режимов их работы. Уравнение материального и теплового балансов в химическом реакторе.
13. Химические реакторы с идеальной структурой потока. Реактор идеального смешения. Периодический реактор идеального смешения. Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме. Реактор идеального вытеснения. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения.
14. Химические реакторы с неидеальной структурой потока. Причины, приводящие к отклонениям от идеальности в проточных реакторах. Модели реакторов с реальной гидродинамической обстановкой. Ячеечная модель. Однопараметрическая диффузионная модель.
15. Теплоперенос в химических реакторах. Тепловые режимы химических реакторов. Проточный реактор идеального смешения в неизотермическом режиме. Периодический реактор идеального смешения в неизотермическом режиме. Теплоустойчивость химических реакторов. Параметрическая чувствительность, пространственные неоднородности (определение и влияние на производительность процесса). Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Использование нестационарных режимов для проведения каталитических процессов в оптимальных температурных условиях.
16. Промышленные химические реакторы для проведения: гомогенных процессов; некаталитических процессов «газ – твердое»; некаталитических процессов «газ – жидкость»; некаталитических процессов «жидкость – твердое»; некаталитических процессов «газ – жидкость – твердое»; гетерогенных процессов «жидкость – жидкость»; гетерогенно-каталитических процессов.
17. Производство серной кислоты. Виды серосодержащего сырья и методы производства серной кислоты. Химическая и структурная схемы производства серной кислоты. Получение сернистого газа из флотационного колчедана. Физико-химические основы обжига флотационного колчедана. Кинетика горения пирита. Очистка обжигового газа от пыли. Очистка обжигового газа от приме-

сей (специальная очистка). Окисление диоксида серы. Физико-химические основы каталитического окисления диоксида серы. Принципиальная схема контактного аппарата. Катализаторы процесса. Абсорбция серного ангидрида. Контактное и абсорбционное отделения. Аппаратурное оформление процессов. Расходные коэффициенты на 1 тонну серной кислоты.

18. Синтез аммиака. Технология связанного азота. Современное состояние и перспективы развития азотной промышленности. Сырье в азотной промышленности. Технологический путь получения аммиака и азотной кислоты из углеводородного сырья. Методы фиксации азота.
19. Химические методы производства водорода и водородсодержащих газов. Газификация жидкого и твердого топлива.
20. Методы конверсии углеводородных газов. Физико-химические основы конверсии. Технологическая схема конверсии метана.
21. Конверсия окиси углерода. Методы очистки конвертируемого газа от окиси и двуокиси углерода.
22. Синтез аммиака. Общая характеристика сырья. Химическая и принципиальная схемы производства аммиака. Физико-химические основы синтеза аммиака. Технологические схемы производства аммиака. Агрегат синтеза аммиака при среднем давлении. Аппаратурное оформление. Режим работы. Регулирование процесса. Хранение и транспортирование аммиака.
23. Производство азотной кислоты. Химическая и структурная схема. Физико-химические основы контактного окисления аммиака. Окисление окиси азота. Абсорбция двуокиси азота и его димера. Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты под давлением 8 атм. Аппаратурное оформление процесса. Расходные коэффициенты для производства 60% азотной кислоты. Методы концентрирования азотной кислоты.
24. Технология соединений фосфора. Сырье фосфорной промышленности. Значение соединений фосфора в народном хозяйстве. Производство фосфорной кислоты. Сравнение экстракционного и экзотермического способов производства фосфорной кислоты. Технологические схемы экстракционного и экзотермического способов производства. Аппаратурное оформление.

### **Процессы и аппараты химической технологии**

1. Основные закономерности и общие принципы расчета аппаратов химической технологии. Основные характеристики (свойства) рабочих тел. Перенос субстанции в химической технологии (ХТ). Экстенсивные и интенсивные величины. Локальные и конвективные изменения параметров процессов в потоках.
2. Классификация основных процессов ХТ. Непрерывные и периодические процессы, их характеристики и области рационального применения в химической промышленности (ХП). Стационарные и нестационарные процессы.
3. Законы сохранения импульса, энергии и массы. Сущность метода и цель составления балансов. Общее балансовое соотношение.
4. Законы равновесия. Равновесные и рабочие параметры. Направление и движущая сила процессов переноса субстанций. Правило фаз. Принцип Ле Шателье.
5. Законы переноса импульса, энергии и массы. Механизмы переноса субстанций.

Потенциалы переноса и удельные потоки субстанций. Основное уравнение переноса субстанций, области его применения. Уравнение неразрывности потока, дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций, субстанциональная производная.

6. Общий вид уравнений скорости процессов; движущие силы и кинетические коэффициенты. Лимитирующие стадии процессов. Интенсификация процессов ХТ. Аналогия процессов переноса.
7. Общие принципы технологического расчета процессов и аппаратов ХТ. Методы исследования процессов и аппаратов ХТ. Место и роль теоретических и экспериментальных исследований, вычислительного эксперимента с использованием ЭВМ. Системный подход к изучению и созданию новых процессов и аппаратов. Моделирование процессов ХТ: сущность, основные методы.
8. Физическое моделирование. Метод обобщенных переменных: сущность метода, области применения, достоинства и недостатки. Подобные процессы. Виды подобия; константы, инварианты, симплексы и критерии подобия. Анализ дифференциальных уравнений методами обобщенных переменных. Критериальные уравнения и области их применения. Метод анализа размерностей.
9. Математическое моделирование. Общая схема процесса математического моделирования. Связь математического и физического моделирования. Техно-экономическая оценка эффективности химико-технологических процессов. Критерии оптимальных процессов. Оптимизация процессов.
10. Предмет гидравлики. Гидростатика и гидродинамика. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Основные свойства жидкостей. Капельные, упругие, идеальные, ньютоновские и неньютоновские жидкости.
11. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия и распределение давления в покоящейся среде. Практические приложения основного уравнения гидростатики (закона Паскаля).
12. Гидродинамика. Описание полей скоростей в стационарных и нестационарных потоках. Субстанциональная производная скорости. Гидродинамические режимы движения. Представление о гидродинамическом пограничном слое при течении по трубам и каналам при обтекании тел. Структура турбулентного пограничного слоя; вязкий подслой. Основные уравнения гидродинамики: уравнение неразрывности; Навье–Стокса; Эйлера; материальный баланс потока. Гидродинамическое подобие.
13. Течение в трубах и каналах. Распределение скоростей по сечению прямой круглой трубы при ламинарном и турбулентном режимах. Уравнение Бернулли для реальной и идеальной жидкости. Практическое приложение уравнения Бернулли. Гидравлические сопротивления при течении жидкостей. Расчет потребного напора для перемещения жидкостей через систему трубопроводов и аппаратов.
14. Влияние распределения потоков в аппаратах на ход процессов. Характеристика структуры потоков по распределению времени их пребывания в проточных аппаратах; дифференциальная и интегральная функции распределения времени пребывания; типовые модели структуры потоков: модели идеального вытеснения и идеального смешения, диффузионная, ячеечная и другие модели, опре-

деление их параметров и оценка адекватности модели объекту.

15. Виды тепловых процессов. Движущая сила. Температурное поле, градиент температур. Стационарный и нестационарный перенос тепла. Три способа распространения тепла. Тепловой баланс как частный случай энергетического баланса.
16. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности: физический смысл, единицы измерения. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности: физический смысл, единицы измерения. Теплопроводность плоской, цилиндрической, однослойной и многослойной стенок.
17. Тепловое излучение: роль теплового излучения в химической технологии, законы Стефана–Больцмана и Кирхгофа. Излучение веществ в конденсированном и газообразном состояниях.
18. Конвективный перенос тепла. Механизмы продольного и поперечного конвективного переноса в ламинарном и турбулентном потоках. Температурный пограничный слой; взаимосвязь профилей температуры и скоростей в потоках. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи: физический смысл, единицы измерения. Дифференциальное уравнение стационарного и нестационарного конвективного переноса тепла в потоке.
19. Тепловое подобие. Критерии теплового подобия. Критериальное уравнение конвективного теплообмена.
20. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния (конденсация пара, кипение жидкостей). Теплоотдача при свободном и вынужденном движении. Теплоотдача в аппаратах с мешалкой.
21. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи: физический смысл, единицы измерения. Термические сопротивления: определяющее значение термического сопротивления. Лимитирующая стадия. Движущая сила процесса, средний температурный напор. Выбор взаимного направления теплоносителей. Теплообмен при непосредственном контакте теплоносителей. Нестационарный процесс переноса теплоты. Математическое моделирование процессов переноса тепла в теплообменниках. Блок-схема расчета тепловых процессов. Методы интенсификации теплообмена.
22. Общие сведения о массообменных процессах. Классификация процессов массообмена. Концентрации массовые, объемные, мольные. Системный анализ процесса массопередачи. Понятие о массопередаче и массоотдаче. Статика процесса массопередачи. Фазовое равновесие, материальный баланс и рабочие линии. Совместное рассмотрение линий рабочих и равновесных концентраций, определение направления процессов массопереноса. Кинетика массообменных процессов. Механизмы продольного и поперечного конвективного переноса массы в ламинарном и турбулентном потоках. Распределение концентраций в фазах. Взаимосвязь профилей концентраций и скоростей в потоках.
23. Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной диффузии: физический смысл, единицы измерения. Конвективный массоперенос. Коэффициенты массоотдачи и движущая сила процесса. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Подобное преобразование

дифференциального уравнения переноса массы и получение обобщенных переменных. Основные критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Критериальное уравнение массоотдачи.

24. Массопередача между двумя фазами, моделирование конвективного массообмена. Расчет коэффициента массоотдачи по уравнениям с безразмерными переменными. Теоретические модели процесса массопереноса. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи: физический смысл, выражение через коэффициенты массоотдачи, аддитивность диффузионных сопротивлений. Средняя движущая сила процесса массопередачи. Влияние структуры потоков (продольного перемешивания) на среднюю движущую силу. Интенсификация массопередачи путем гидродинамических воздействий на лимитирующую стадию. Понятие единицы переноса; число единиц переноса, высота единицы переноса. Способы расчета числа единиц переноса: графическое интегрирование, аналитический расчет. Различные модификации основного уравнения массопередачи. Моделирование и расчет массообменных процессов и аппаратов для систем с одним распределяемым компонентом.